Lane Medical Library

DAS

OPHTHALMOSKOPISCHE GESICHTSFELD.

INAUGURAL-DISSERTATION

DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT ZU MARBURG

VORGELEGT VON

RICHARD ULRICH
APPR. ARZT.

MIT EINER LITHOGRAPHIRTEN TAFEL.

ROSTOCK.
UNIVERSITÄTS-BUCHDRUCKEREI VON ADLER'S ERBEN.
1881.

Während die ophthalmoskopische Vergrösserung seit Erfindung des Augenspiegels ein Gegenstand fortgesetzter wissenschaftlicher Discussion gewesen ist und erst noch kürzlich durch Nagel eine wohl abschliessende Bearbeitung gefunden, hat sich das ophthalmoskopische Gesichtsfeld, seit Helmholtz die Grundzüge desselben festgestellt, nur sehr geringer selbstständiger Bearbeitung zu erfreuen gehabt. Es dürfte deshalb wohl nicht uninteressant sein, die Litteratur über dasselbe, so weit sie mir zugänglich war, in Kürze dem Folgenden vorauszuschicken.

Helmholtz äussert sich bekanntlich folgendermassen[1]): „Das Gesichtsfeld, welches man übersieht, ist bei dieser Methode (sc. aufrechtes Bild) durch den undeutlich gesehenen Rand der Pupille des beobachteten Auges nicht scharf begrenzt. Um eine bestimmte Grenze passend zu wählen, kann man die nach dem Rande der Pupille des beobachteten Auges gezogenen Visirlinien des Beobachters nehmen, deren Kreuzungspunkt im Mittelpunkt der Pupille des Beobachters liegt. Wenn man diese Visirlinien wie Lichtstrahlen behandelt, die von dem Mittelpunkt der Pupille des Beobachters ausgehen, findet man, dass das Gesichtsfeld des Beobachters auf der Netzhaut des beobachteten Auges dem Zerstreuungsbilde entspricht, in welchem der Mittelpunkt der Pupille des Beobachters dort erscheint.“ Bemerkenswerth erscheint bei dieser Formulirung, dass einestheils der Pupillarrand der Iris des beobachteten Auges, insofern von ihm auf der

[1]) Phys. Optik, pag. 178.

Retina des Beobachters ein Zerstreuungsbild entworfen wird, die Grenze des Gesichtsfelds nicht bestimmt, anderentheils aber die Pupille des Beobachteten dadurch für die Grösse des Gesichtsfelds massgebend ist, als bekanntlich die Grösse eines Zerstreuungskreises von der Weite der Pupille direct abhängt.

In Bezug auf das umgekehrte Bild bemerkt Helmholtz[1]) zunächst, dass bei geeigneter Haltung der Convexlinse, wenn dieselbe nämlich ungefähr um ihre Brennweite entfernt von der Pupille ist, der Pupillarrand aus dem Gesichtsfeld verschwindet und die Ausdehnung des letzteren nur noch von der Apertur der Convexlinse bestimmt ist. Zur Bestimmung der Gesichtsfelds-Ausdehnung werden dann in gleicher Weise wie beim aufrechten Bild die Visirlinien des Beobachters als Lichtstrahlen behandelt und deren Zerstreuungskreis auf der Retina des Beobachteten berechnet. Die Grösse der Pupille des untersuchten Auges fällt hierbei als massgebender Factor gänzlich aus, weil die Spitze des von der Convexlinse ausgehenden Lichtkegels ungefähr in den Knotenpunkt des untersuchten Auges fallen soll und somit die Lichtstrahlen ungebrochen in dasselbe eindringen müssen.

Pilz[2]) schliesst sich der Helmholtz'schen Darstellung wörtlich an; nur lässt er beim umgekehrten Bilde die Pupille des Beobachteten erst dann aus dem Gesichtsfelde verschwinden, wenn sie sich genau im Brennpunkt der Convexlinse befindet, Zander[3]) giebt Helmholtz wörtlich wieder.

Snellen und Landolt[4]) lassen beim aufrechten Bild das Gesichtsfeld von der Pupille des untersuchten Auges begrenzt werden und folgen dann der Helmholtz'schen Darstellung in Bezug auf die Benutzung der Visirlinien.

---

[1]) l. c. pag. 179.
[2]) Compendium d. Augenkrankheiten, pag. 87 u. 90.
[3]) Der Augenspiegel, pag. 75 u. 78.
[4]) Gräfe-Sämisch Handbuch Bd. III. pag. 109.

Das umgekehrte Bild myopischer Augen (ohne Convexglas) ist nach Snellen und Landolt ebenfalls von der Pupille des beobachteten Auges begrenzt. „Es (wer?) ist also, abgesehen von der Weite der Pupille, verhältnissmässig um so grösser, je kleiner dies umgekehrte Bild, d. h. je stärker die Myopie ist“ [1]).

In Bezug auf das Gesichtsfeld des mittelst Convexlinse gewonnenen umgekehrten Bildes schliessen sich Snellen und Landolt wörtlich Helmholtz an, nur lassen sie (gleich Pilz) das Bild der Pupille des Untersuchten nur dann aus dem Gesichtsfeld ganz verschwinden, wenn der Brennpunkt der Convexlinse mit dem Mittelpunkt der Pupille des untersuchten Auges zusammenfällt.

Eine ausführliche Erörterung widmet Fick [2]) dem ophthalmoskopischen Gesichtsfeld. Als Basis stellt er pag. 127 den Satz auf: „In die Pupille eines beobachtenden Auges können nur von solchen Punkten des Hintergrundes eines beobachteten Auges Strahlen gelangen, auf welche auch umgekehrt von jener Pupille Strahlen fallen können Der Inbegriff aller dieser Punkte ist aber das Bild — im weiteren Sinn des Wortes — der Pupille des Beobachters auf dem Grund des beobachteten Auges.“ Pag. 133 bezeichnet er das Gesichtsfeld im aufrechten Bild als das Zerstreuungsbild der Pupille des beobachtenden Auges im beobachteten. Fick betrachtet also die Pupille selbst als leuchtendes Object. Die Berechtigung dazu liegt in der Erwägung, dass sich hinter der Pupille des, sei es der Einfachheit halber mit einem Helmholtz'schen Ophthalmoskop, bewaffneten Beobachters ein virtuelles Spiegelbild der Lichtquelle befindet, von dem n divergente Lichtkegel ausgehen, wenn dasselbe aus n Punkten besteht; durch einen jeden Punkt der Pupille aber geht

[1]) Dieselbe Darstellung des Gesichtsfeldes, sowie eine wörtliche Uebersetzung dieses Passus findet sich bei Wecker u. Landolt, Handbuch u. s. w.

[2]) Hermann, Handb. d. Physiologie.

von einem jeden dieser n Lichtkegel ein Strahl, d. h. ein jeder Punkt der Pupille entsendet einen divergenten Strahlenkegel von n Strahlen. Auf die somit leuchtende Pupille als Object und auf ihr Zerstreuungsbild auf dem Augenhintergrund des beobachteten Auges bezogen, lässt sich dann das erweiterte Gesetz der Reciprocität beim Strahlengang hin und her durch brechende Flächen anwenden. Nur ist dabei nicht ausser Acht zu lassen, dass wenn von einem leuchtenden Punkt a ein Zerstreuungskreis entworfen wird und man diesen letzteren jetzt als leuchtendes Object betrachtet, keineswegs nun alle Strahlen, die von den Punkten dieses neuen Leuchtobjectes divergiren, nach ihrer Brechung den Punkt a wieder passiren, sondern von einem jeden Punkt nur 1 Strahl, während die übrigen, einen Zerstreuungskreis bildend, daneben fallen. Wenn also das Zerstreuungsbild der Pupille des Beobachters auf der Retina des Beobachteten als gleichmässig helles Leuchtobject gedacht wird, so verlässt, entsprechend einem jeden Punkt desselben, ein Strahlenkegel die Pupille des beobachteten Auges. Ein solcher Strahlenkegel bildet in der Entfernung des untersuchenden Auges einen Zerstreuungskreis, der mit einem kleineren oder grösseren Bruchtheil seiner Fläche die Pupille des Untersuchers decken resp. überragen wird; d. h. von den Strahlen, die zu einem solchen Kegel gehören, dringt nur ein Theil in die Pupille des Untersuchers ein, um so weniger, bis zu dem Minimum von 1 Strahl, je peripherer in dem leuchtenden Object der Punkt liegt, dem der Strahlenkegel zugehört; demnach erscheint dem Beobachter das Gesichtsfeld mit vom Centrum nach der Peripherie abnehmender Helligkeit.

Im Ganzen geht schon aus den nach Fick wörtlich angeführten Sätzen hervor, dass nach seiner Formulirung das Gesichtsfeld grösser ist als nach Helmholtz. Denn bei Letzterem ist es gleich dem Zerstreuungsbild des Visirpunktes, bei Ersterem gleich dem Zerstreuungsbild der ganzen Pupille des Beobachters.

In Bezug auf das Gesichtsfeld im umgekehrten Bild bemerkt Fick zunächst, dass es für das vom myopischen Auge allein entworfene Bild fast auf einen Punkt zusammenschrumpfen müsse; für das mittelst Convexlinse entworfene reelle Bild berechnet er das Gesichtsfeld in derselben Weise wie Helmholtz, nur bemerkt er dabei, es sei eigentlich noch grösser, als diese Rechnung ergebe, da die Pupille des Beobachters doch in Wirklichkeit kein blosser Punkt sei.

Von den übrigen Hand- und Lehrbüchern, die ich einsehen konnte, werden in Bezug auf das ophthalmoskopische Gesichtsfeld nur kurz die Facta angegeben, ohne sich auf eine genetische Erörterung einzulassen.

So erwähnt Zehender[1]), dass das Gesichtsfeld im aufrechten Bild mit der Weite der Pupille zunehme, im umgekehrten mit der Stärke der Vergrösserung abnehme. Mauthner[2]) bezeichnet gleichfalls für das aufrechte Bild die Pupillenweite und die Annäherung des Untersuchers, für das umgekehrte die richtige Haltung der Convexlinse als für das Gesichtsfeld maassgebende Factoren.

Schweigger[3]) bemerkt, dass die Grösse des Gesichtsfelds im aufrechten Bild wie bei einer jeden Loupe abhängt von der Grösse der Oeffnung der Loupe (event. von der Weite des Diaphragma) und von der Entfernung derselben von unserem Auge. „Bei möglichster Annäherung des Diaphragma an unser Auge wird das Gesichtsfeld höchstens so gross wie dieses."

Pag. 32 l. c. bemerkt er bei der Untersuchung im umgekehrten Bild: „Die Grösse des Gesichtsfelds ist (neben dem auch im umgekehrten Bilde nicht ausgeschlossenen Einfluss der Pupillenweite des untersuchten Auges) abhängig 1) von der Brennweite des benutzten

---

[1]) Handbuch der gesammten Augenheilkunde.

[2]) Lehrbuch der Ophthalmoskopie.

[3]) Vorlesungen über den Gebrauch des Augensp. 1864, pag. 26. Desgl. Handbuch der Augenheilkunde.

Convexglases, 2) von der Haltung des letzteren; dasselbe soll stets so gehalten werden, dass das von der Iris ausgehende Licht nach seinem Durchgang durch das Convexglas parallel ist. Ein zu nah am Auge befindliches Convexglas entwirft ein virtuelles, ein zu weit entferntes Convexglas ein reelles Bild der Iris, wodurch in beiden Fällen das Gesichtsfeld verengt wird."

Speciell dem ophthalmoskopischen Gesichtsfeld gewidmete Einzelstudien finden sich von W. Stammeshaus[1]). Derselbe bestimmt die Grösse des Gesichtsfelds im aufrechten Bilde nach Helmholtz, indem er die Grösse des Zerstreuungskreises, den die Visirlinien des Untersuchers auf der Retina des Untersuchten bilden, für gewisse Untersuchungsdistanzen genau berechnet.

Ferner Rutenberg[2]). Derselbe berechnet das Gesichtsfeld im aufrechten Bild gleichfalls mit Zugrundelegen der Helmholtz'schen Erörterungen. Er betont, dass es in praxi stets kleiner erscheine als es hiernach sein müsse und schiebt die Schuld auf die ungenügende Grösse des beleuchteten Netzhautbezirks; folgt dann eine ausführliche Besprechung der Methoden, die den letzteren vergrössern können.

Wenngleich die aufgeführte Litteratur sehr unvollständig ist, so wird sie doch dazu dienen die Ansichten der verbreitetesten deutschen Autoren über das ophthalmoskopische Gesichtsfeld zu illustriren und gehe ich nunmehr zur Behandlung des Gegenstandes über.

Unter ophthalmoskopischem Gesichtsfeld versteht man die Grösse des Netzhautbezirks, den ein Beobachter durch den ruhig gehaltenen Augenspiegel mit einem Mal übersehen kann, ohne dass das Auge des Beobachteten oder des Beobachters eine Bewegung macht; dabei ist natürlich

---

[1]) Ueber eine Methode dem aufrechten Bilde u. s. w. Zehender's Monatsbl. 1874.

[2]) Ueber Ophthalmoskopie des aufrechten Bildes mit erweitertem Gesichtsfeld. Zehender's Monatsbl. 1877.

vorausgesetzt, dass der Augenhintergrund in genügendem Umfang erleuchtet ist.

Um die folgenden Betrachtungen von diesem letzteren Umstand ganz unabhängig zu machen, kann man annehmen, dass die ganze Retina, einerlei aus welchem Grunde, leuchtend ist, und es wäre dann unter dieser Bedingung festzustellen, wie gross das Stück sei, das mit einmal übersehen werden kann. Aus dieser Grösse würde sich dann ergeben, wie gross der beleuchtete Netzhautbezirk sein muss.

Aufrechtes Bild.

Als beobachtetes Auge wähle ich das reducirte Normal-Auge von Donders, dessen Krümmungsradius = 5 mm., dessen Brennweiten = 15 und 20 mm. und dessen Index = $^4/_3$. Die Pupille verlege ich in die Knotenpunktsebene selbst [1]; dieselbe kommt in Folgendem nur insofern in Betracht, als von ihrem Durchmesser der Durchmesser des Lichtstrahlenbündels abhängt, welches das Auge verlässt, vorausgesetzt, dass von einem Punkt der Retina Strahlen ausgehen. Dieselben verlassen beim menschlichen emmetropischen Auge dasselbe als Cylinder, dessen Basis gleich dem Hornhautbild der Pupille, also etwas grösser als diese selbst ist. Da die Grösse der Pupille eine wechselnde, glaube ich unbeschadet dem relativen Werth der folgenden Betrachtungen dieselbe in die Knotenpunktsebene des reducirten Auges verlegen und von der Vergrösserung derselben durch die brechende Fläche absehen zu dürfen. Als Augenspiegel wähle ich einen durchbohrten Planspiegel, da ja im Allgemeinen für das aufrechte Bild die lichtschwachen Spiegel bevorzugt werden. Der Durchmesser der Spiegeldurchbohrung sei gleich 2 b = 4 mm. Die Pupille des Beobachters sei identisch mit der Spiegel-

[1]) Noch einfacher ist es, wenn man sich das Auge durch eine Linse von 15 mm. Brennweite repräsentirt denkt, in deren optischem Mittelpunkt sich die Pupille befindet.

durchbohrung. Endlich sei noch angenommen, dass Refractions - Anomalien, wo sie in Frage kommen, durch Aenderung des Krümmungsradius bei gleichbleibender Axenlänge bedingt seien.

Fig. I.

Es sei r die Retina, k die Knotenpunktsebene des reducirten Auges, a = $^1/_2$ Pupille, O der Augenspiegel, φ der Gesichtswinkel, dessen Tangente das Gesichtsfeld y_1 bestimmt, f_1 sei die Entfernung des Augenspiegels von dem Knotenpunkt des untersuchten Auges, b = $^1/_2$ Durchmesser der Durchbohrung des Augenspiegels. Endlich sei das Auge emmetropisch, folglich $a' = a$, die Strahlen, die vom Netzhautpunkt x ausgehend das Auge verlassen, parallel. Dann ergiebt sich unmittelbar aus der Figur

$$tg\,\varphi = \frac{a' + b'}{f_1}$$ [1])

Soll nun der Netzhautpunkt x noch gesehen werden, so ist es klar, dass wenigstens der Grenzstrahl des ihm entsprechenden Licht-Cylinders noch in die Augenspiegeldurchbohrung b fallen muss, also Grenzbedingung $b' = b$, und da zugleich $a' = a$, so ist

$$tg\,\varphi = \frac{a + b}{f_1}$$ 1)

die einfachste Formel für das ophthalmoskopische Gesichtsfeld bei aufrechtem Bild und emmetropischem Auge, bei der nur zu bemerken, dass, da von dem Punkt x (dem Grenzpunkt des Gesichtsfeldes), nur eben noch 1 Lichtstrahl in die Durchbohrung des Augenspiegels und somit in die Pupille des Beobachters fällt, $tg\,\varphi$ das sogenannte mathematische Gesichtsfeld repräsentirt. Aus der Gleichung 1) folgt unmittelbar, dass, die Grösse der Spiegeldurchbohrung (b) als constant vorausgesetzt, die Grösse des

---

[1]) b' = dem Abstand des Durchschnittspunktes des unteren Grenzstrahls des Lichtcylinders mit der Augenspiegel-Ebene von f_1.

mathematischen Gesichtsfeldes nur von der Weite der Pupille (a) und von der Entfernung des Augenspiegels (f_1) abhängt: $tg\,\varphi$ nimmt ab bei der Zunahme von f, bei der Abnahme von a.

Geometrisch kann man beim emmetropischen Auge das mathematische Gesichtsfeld construiren, indem man den unteren und oberen Pupillarrand mit dem oberen und unteren Rand der Augenspiegeldurchbohrung verbindet und durch den Knotenpunkt des untersuchten Auges mit diesen Graden Parallele zieht; wo letztere die Netzhaut schneiden, befindet sich die untere und obere Grenze des Gesichtsfeldes.

Wenn das untersuchte Auge nicht emmetropisch ist, die Lichtstrahlen dasselbe also nicht als Cylinder, sondern als Kegel, als dessen Basis wir die Pupille betrachten wollen, verlassen, so ist im Allgemeinen a' nicht gleich a, sondern kleiner als a bei Myopie, grösser als a bei Hypermetropie.

Nenne ich (Fig. II.) R die Entfernung des Fernpunktes, bezeichnet also $\frac{1}{R}$ den Grad der Ametropie des untersuchten Auges, so ist, wenn die übrigen Buchstaben dieselbe Bedeutung wie in Figur I. haben.

Fig. II.

$$a' = a\,\frac{R - f_1}{R}$$

Indem ich diesen Werth von a' in Gleichung 1) für a setze, erhalte ich

$$tg\,\varphi = \frac{a\,\frac{R - f_1}{R} + b}{f_1}$$

$$= \frac{a}{f_1} - \frac{a}{R} + \frac{b}{f_1}$$

$$= \frac{a + b}{f_1} - \frac{a}{R}\ 2)$$

Letzteres ist dann die ausserordentlich einfache allgemeine Formel für das ophthalmoskopische Gesichtsfeld des aufrechten Bildes. Setzt man in derselben $R = \infty$ (Emmetropie), so kommt man auf Gleichung 1) zurück. Nimmt man R positiv (Myopie), so wird $t g \varphi$ kleiner, nimmt man R negativ (Hypermetropie), so wird $t g \varphi$ grösser. Es verhält sich also das mathematische Gesichtsfeld im aufrechten Bild in Bezug auf die Refraction des untersuchten Auges umgekehrt wie die ophthalmoskopische Vergrösserung, die bekanntlich bei Myopie stärker als bei Hypermetropie ist.

Was die Helligkeit des mathematischen Gesichtsfeldes anbetrifft, so ist sie im Centrum desselben am grössten und nimmt von da nach der Peripherie allmählig bis zu Null ab; schon daraus geht hervor, dass das wirkliche Gesichtsfeld kleiner sein muss als das mathematische und dass sich für das wirkliche Gesichtsfeld keine scharfe Grenze angeben lässt, weil eines Theils das Maximum der Helligkeit im Centrum je nach der Lichtquelle ein verschiedenes sein muss, anderen Theils verschiedene Beobachter verschiedener Helligkeitsgrade bedürfen werden, um einen Netzhautpunkt noch deutlich wahrzunehmen. Es kommt indess noch ein anderer Umstand hinzu.

Bei der supponirten Beleuchtungsart mittelst Planspiegel und wohl überhaupt bei einer jeden, die sich zum praktischen Gebrauch eignet, ist es unvermeidlich, dass auch auf die Iris resp. den Pupillarsaum Licht auffällt und von da reflectirt in das Auge des Beobachters gelangt. Selbstverständlich werden diese von einem Iris-Punkt ausgehenden Strahlen nicht zu einem Bildpunkt auf der Retina des Beobachters vereinigt, sondern einem jeden leuchtenden Punkt entspricht ein Zerstreuungskreis. Aber wenn diese Zerstreuungskreise auf dieselbe Gegend der Netzhaut des Beobachters fallen, auf der sich die Punkte des mathematischen Gesichtsfeldes abbilden, so wird der letzteren Wahrnehmung etwa in derselben Weise beeinträchtigt,

wie ein kleiner heller Gegenstand gegen einen hellen Hintergrund gehalten undeutlicher erscheint als vor einem dunkeln.

Fig. III.

Es sei Fig. III. a = $^1/_2$ Pupille des beobachteten Auges, b = $^1/_2$ Durchmesser der Augenspiegeldurchbohrung (resp. $^1/_2$ Pupille des Beobachters), r' die Retina des Untersuchers. Nehmen wir nun an, dass a von b um die doppelte vordere Brennweite des Auges entfernt sei, so wird unter dieser Bedingung in der doppelten hinteren Brennweite von a ein Bild a_2 = a entworfen; auf der Retina des Untersuchers entstände von a ein Zerstreuungsbild a_3, das, wenn das Bild a_2 durch den Punkt n begrenzt wird, seinerseits durch n', den Mittelpunkt des n entsprechenden Zerstreuungskreises, begrenzt gedacht werden kann. Da nun der Durchmesser des Zerstreuungskreises, dessen Mittelpunkt n', wie aus der Figur hervorgeht = der halben Pupille = b ist, so würde dieser Zerstreuungskreis um $^1/_2$ b über n' axialwärts hinausgreifen und a_3 — $^1/_2$ b wäre die Hälfte des Netzhautstückes, das von den von der Iris kommenden Lichtstrahlen unbeleuchtet blieb. Setze ich nun a_3 = $^1/_2$ a_2 = $^1/_2$ a, so ist a — b der Durchmesser des ganzen centralgelegenen, von den Irisstrahlen unbehelligten Netzhautstückes und zwar wäre dasselbe positiv, wenn a > b, negativ d. h. die Zerstreuungskreise würden einander erreichen und übergreifen, wenn a < b.

Das Zerstreuungsbild der Iris und der Pupille wird sich also auf der Retina des Untersuchers als eine helle Scheibe darstellen, deren Helligkeit, im Centrum = Null resp. sehr gering, nach der Peripherie allmählig zunimmt und auf diesem Terrain bildet sich das mathematische Gesichtsfeld ab, dessen Helligkeit im Gegentheil nach der Peripherie hin abnimmt.

Bringt man diesen Umstand mit in Rechnung, so wird es noch viel einleuchtender, dass das mathematische Gesichtsfeld nicht dem wirklichen, in Praxi wahrgenommenen entspricht, und dass es um eine bestimmte Grenze für das wirkliche Gesichtsfeld zu finden, einer gewissen Willkürlichkeit bedarf. So, glaube ich wenigstens, darf der Auskunftsweg aufgefasst werden, den Helmholtz einschlägt, indem er die Visirstrahlen des Beobachters als Lichtstrahlen auffasst und deren Zerstreuungskreis auf der Retina des beobachteten Auges als Gesichtsfeld hinstellt. In der That, da ja dieser Zerstreuungskreis mit der Erweiterung der Pupille zunimmt, mit der Entfernung des Beobachters und mit der Zunahme der Refraction des untersuchten Auges abnimmt, so enthält diese Formulirung des Gesichtsfeldes alle Factoren, die wir in der Gleichung für das mathematische Gesichtsfeld als massgebend fanden, die Weite der Spiegeldurchbohrung als constant vorausgesetzt: nur ist das Helmholtz'sche Gesichtsfeld kleiner als das mathematische, wie schon früher bemerkt, während das Fick'sche mit jenem identisch ist.

Uebrigens lässt sich aus der Gleichung für das mathematische Gesichtsfeld mit Leichtigkeit das Helmholtz'sche ableiten. Man braucht in Fig. I. nur anzunehmen, dass der Grenzstrahl des betreffenden Lichtcylinders nicht den Rand, sondern das Centrum der Augenspiegeldurchbohrung passiren soll, so ergiebt sich unmittelbar aus der Figur die Helmholtz'sche Construction mit den Visirlinien und anderseits, wenn ich alsdann als Grenzbedingung anstatt $b_1 = b$ $b_1 = 0$ setze, erhalte ich für Gleichung 1)

$$\text{t g } \varphi = \frac{a}{f_1} \quad 3)$$

Setze ich in dieser Gleichung $f_1 = 30 =$ der doppelten vorderen Brennweite, so ist das Gesichtsfeld halb so gross als die Pupille, d. h. so gross wie der Zerstreuungskreis der Visirlinien, wenn der Beobachter um die doppelte

vordere Brennweite entfernt ist. Dieses Gesichtsfeld ist aber dann nicht von Netzhaut-Punkten begrenzt, die eben noch einen Strahl in die Pupille des Beobachters senden, sondern von solchen, die einen grösseren Bruchtheil ihres Strahlenbündels (entsprechend der Grösse b) in dieselbe gelangen lassen; die lichtschwache Grenzzone des mathematischen Gesichtsfeldes fehlt.

Es fragt sich nun, ob die praktische Erfahrung, die der Ophthalmoskopiker macht, mit der Helmholtz'schen Berechnung der Grösse des Gesichtsfeldes übereinstimmt. Rutenberg[1]) berechnet, dass bei einer Maximalweite der Pupille des untersuchten Auges von 10 mm. und wenn sich der Untersucher von dem untersuchten Auge in der leicht einzuhaltenden Entfernung der doppelten vorderen Brennweite befinde, nach der Helmholtz'schen Berechnung das Gesichtsfeld einen Durchmesser von 5 mm. = ca. 3 Papillenbreiten, entsprechend bei einer Pupillenweite von 5 mm. gleich $2^1/_2$ mm. haben müsse. Rutenberg findet damit die Wirklichkeit nicht in Uebereinstimmung, schiebt indess die Schuld auf die geringe Grösse des beleuchteten Netzhaut-Abschnittes, die bei einer Breite des Spiegelbildes der Flamme von 30 mm. und bei einem Abstand desselben von dem untersuchten Auge = 360 mm., der Breite nach $1^1/_4$ mm., der Höhe nach das 2—3fache betrüge. So richtig dieser Grund bis zu einem gewissen Grade ist, so lässt sich doch nicht leugnen, dass man diesem Mangel der Beleuchtung wenigstens in Bezug auf die Ausdehnung von oben nach unten leicht abhelfen kann. Man kann einer Gasflamme unschwer die Höhe von 90 mm. geben, sie auch so aufstellen, dass ihr Spiegelbild von dem untersuchten Auge um 180 mm. entfernt ist: dann beträgt die Höhe des beleuchteten Netzhaut-Abschnitts $\frac{15 \cdot 90}{180} = 7{,}5$ mm. Untersucht man jetzt ein

[1]) l. c. pag. 77.

Individuum mit einer Pupillenweite = 10 mm, so steht seitens der Beleuchtung nichts im Wege, von oben nach unten 3 Papillenhöhen von 5 mm. mit einmal zu überschauen, sobald sich nur der Untersucher hinreichend annähert.

Ich muss gestehen, dass ich, für meine Person, es nie ganz bis zu dieser Ausdehnung des Gesichtsfeldes gebracht habe. Wenn ich meinen Augenspiegel dem untersuchten Auge so weit nähere, dass der Rand des Spiegelloches von dem geschlossenen Auge des Untersuchten 7 mm., von meinem Auge 11 mm. entfernt ist, beträgt das Maximum des Gesichtsfeldes, das ich übersehe, ca. $2^1/_4$ Papillenhöhen, obgleich mein Visirpunkt von dem Auge des Untersuchten dabei wohl etwas weniger als 30 mm. entfernt ist. Demnach schiene das wirkliche Gesichtsfeld etwas kleiner auszufallen als die Helmholtz'sche Berechnung verlangte. Den Grund davon sehe ich in dem Abstand der Spiegeldurchbohrung von der Pupille des Untersuchers, der bei dem Helmholtz'schen Spiegel wegfällt, bei den Berechnungen des mathematischen Gesichtsfeldes vernachlässigt wurde, in Wirklichkeit aber eine Röhre von einer gewissen Länge repräsentirt. Uebrigens beruht ja diese praktische Controle natürlich auf Abschätzung und kann auf grosse Genauigkeit keinen Anspruch machen und da anderseits der Unterschied von der Berechnung doch wenig erheblich, so scheint die Helmholtz'sche Formulirung des Gesichtsfeldes auch in praktischer Beziehung genügend zutreffend zu sein.

Wenn wir demnach im Allgemeinen ein Gesichtsfeld von ca. 2 Papillenbreiten als den Durchschnitt des praktisch Erreichbaren ansehen dürfen, so giebt dies zugleich den Maassstab für die erforderliche Grösse des beleuchteten Netzhaut-Abschnittes ab. Ich stimme Rutenberg bei, dass behufs Vergrösserung des letzteren hauptsächlich auf die Grösse des Leuchtobjects Gewicht zu legen sei, weil alle die optischen Mittel, die dazu dienen sollen das Be-

leuchtungsfeld durch Zerstreuungskreise zu vergrössern, ihren Zweck schon um deswillen nur theilweise erreichen, weil ihre Wirksamkeit um so unbedeutender wird, je enger die Pupille des Untersuchten. In je grösseren Zerstreuungskreisen übrigens das Flammenbild auf der Netzhaut erscheint, um so lichtschwächer ist es und um so mehr markirt sich das Spiegelloch durch eine dunkle Stelle im Centrum des Flammenbildes. Ich erwähne letzteres namentlich deshalb, weil man bisweilen gerade die entgegengesetzte Ansicht findet. Wenn ich mit einem durchbohrten Concavspiegel ein scharfes Bild einer Flamme entwerfe, so zeigt dies letztere keineswegs in der Mitte eine dunkle Stelle; der Einfluss des Spiegelloches besteht in diesem Fall nur darin, dass ein jeder Punkt des Flammenbildes etwas lichtschwächer ist, als wenn die durchbohrte Stelle des Spiegels auch noch Licht reflectirte. Ein Concavspiegel reflectirt entsprechend einem jeden Leuchtpunkt a der Flamme einen Lichtkegel, dessen Basis die Spiegelöffnung, dessen Spitze der entsprechende Bildpunkt a' ist; dieser Lichtkegel zeigt in der Mitte einen kegelförmigen Ausschnitt, dessen Spitze ebenfalls in a' liegt, dessen Basis das Spiegelloch bildet. Solche Licht- und Dunkelkegel zielen nun nach einem jeden Punkt des Flammenbildes hin und dadurch kommt im Allgemeinen ein kegelförmiger Kernschatten von einer gewissen Höhe und der Basis des Spiegelloches nebst einem Halbschatten zu Stande. So wird es verständlich, dass nur an einem Zerstreuungsbild der Flamme sich der Einfluss des Spiegelloches als dunkle Stelle geltend macht und ferner, dass es bei sehr enger Pupille passiren kann, dass dieselbe vollständig in den Kegel des Kernschattens fällt und folglich nicht erleuchtet erscheint. Wenn das Letztere hauptsächlich bei der directen Untersuchung der Macula lutea passirt, so kommt das daher, dass sich hierbei eben die Pupille am meisten verengt und ausserdem auch der Hornhaut-Reflex am störendsten einwirkt. Wenn deshalb in den Gleichungen

1) und 2) eine Gesichtsfelderweiterung durch Vergrösserung von b (= 1/2 Spiegelloch) erzielt werden könnte, so gebieten anderseits Rücksichten auf die Beleuchtung b möglichst klein zu wählen; deshalb habe ich es als constante Grösse aufgeführt.

Was die Helligkeit des beleuchteten Netzhautbezirks anbetrifft, so scheint die Zehender'sche Combination von Convexspiegel mit Convexlinse allerdings den höchsten Grad von Helligkeit zu bieten, wenigstens für die Untersuchung im aufrechten Bild. Da indessen im Allgemeinen schon die Helligkeit des Planspiegels für diese Methode als ausreichend anerkannt wird, so wäre dieses Plus von Helligkeit kein Grund jener Combination den Vorzug vor anderen einfacheren Spiegeln zu geben. Die Zehender'sche Combination, wenn sie so arrangirt wird, dass sie einen langen positiven Lichtkegel mit kleiner Basis entwirft, hat vor dem Coccius'schen Spiegel und den Concavspiegeln den Vortheil, dass der Hornhaut-Reflex kleiner ist, als er bei jenen sein würde, wenn sie durch kurze Fokaldistanz dieselbe Helligkeit erreichen wollten. Dagegen fällt auch anderseits die Vergrösserung des beleuchteten Netzhautbezirks durch Zerstreuungskreise, die jene Spiegel bieten, ganz oder fast ganz hinweg.

Im Allgemeinen dürfte eine gut brennende Flamme von genügendem Durchmesser mit einfachem Planspiegel das einfachste und handlichste für die Untersuchung im aufrechten Bild sein und scheint mir in dieser Beziehung (abgesehen von Gaslicht) der sogenannten Mitrailleusenbrenner am meisten Empfehlung zu verdienen[1]).

Das umgekehrte Bild.

Auch bei Besprechung des umgekehrten Bildes gehen wir wieder von der Annahme aus, dass die Netzhaut des

[1]) Allerdings leidet die Flamme des Mitrailleusenbrenners oft an dem entgegengesetzten Fehler wie die anderen Beleuchtungsquellen, indem wohl ihr Breitendurchmesser aber nicht ihr Höhendurchmesser genügt; doch dürfte dies wohl verbesserungsfähig sein (?).

beobachteten Auges in hinreichendem Umfang erhellt sei und dass das von dem Untersucher wahrgenommene Gesichtsfeld durch die Gesammtheit derjenigen Netzhautpunkte repräsentirt wird, die mindestens einen der von ihnen ausgehenden Lichtstrahlen in die Spiegeldurchbohrung, somit in die Pupille des Untersuchers gelangen lassen, d. h. wir berechnen zunächst das mathematische Gesichtsfeld. Wir legen ferner auch hier wieder das reducirte Normalauge unseren Berechnungen zu Grunde; betreffs der Lage der Pupille gelten dieselben Voraussetzungen wie früher. Zur Untersuchung dient eine Convexlinse von 60 mm. Brennweite, der Abstand des Beobachters von dem reellen Bild sei 180 mm.

Es ist bekannt, dass wenn die Convexlinse zu nahe an das untersuchte Auge gehalten wird, das Bild des Fundus oculi, das man übersieht, von dem aufrechten Bild der Iris eingerahmt wird. Wenn man die Convexlinse dann weiter entfernt, so kommt eine Strecke, innerhalb derer das Bild der Iris verschwindet, und endlich, wenn man die Entfernung zwischen Linse und untersuchtem Auge noch weiter vergrössert, taucht die Iris wieder auf, aber im umgekehrten Bilde und begrenzt von Neuem das Bild des Fundus oculi.

Es wird also am praktischsten sein, zunächst die Entfernungen der Linse von der Pupille des untersuchten Auges zu berechnen, bei denen das Irisbild auf die Ausdehnung des Gesichtsfeldes keinen Einfluss übt und deshalb bei den späteren Erörterungen unberücksichtigt bleiben kann.

Fig. IV.

Es sei a die halbe Pupille des Untersuchten, f_1 die Entfernung der Convexlinse L R von a, f die Brennweite der Linse L R, f_3 die Entfernung des Augenspiegels von der Linse L R, a' das Bild von a, das von der Linse L R entworfen, R T = der Entfernung von a' von L R, b der

halbe Durchmesser der Augenspiegeldurchbohrung. Die Frage lautet: Wie gross darf f_1 sein, damit die von a ausgehenden Strahlen nicht in das Augenspiegelloch fallen? d. h. Grenzbedingung $MN \geqq b$.

Es ist

I. $$\frac{1}{RT} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f_1}$$

$$RT = \frac{f f_1}{f_1 - f} = f.f_1\ \eta \text{ (wenn } \eta = \frac{1}{f_1 - f} \text{ u. } f_1 = \frac{1}{\eta} + f),$$

II. $$a' = a\ \frac{RT}{f_1} = a\ f\ \eta,$$

III. $$n\,N = \frac{RL\ (RT - f_3)}{RT},$$

IV. $$n\,M = a'\ \frac{f_3}{RT}.$$

Grenzbedingung $n\,M - n\,N \geqq b$.

Dann ist $$a'\ \frac{f_3}{RT} - \frac{RL\ (RT - f_3)}{RT} \geqq b,$$

$$a'\ \frac{f_3}{f f_1 \eta} - RL\ \frac{f f_1 \eta - f_3}{f f_1 \eta} \geqq b,$$

$$\frac{a f_3}{f_1} - RL\ (1 - \frac{f_3}{f f_1 \eta}) \geqq b,$$

$$\frac{a f_3 f \eta + RL f_3}{f f_1 \eta} \geqq b + RL,$$

$$a f_3 \eta + \frac{RL f_3}{f} \geqq (b + RL)\ f_1 \eta,$$

$$\geqq (b + RL)\ (1 + f \eta),$$

$$\geqq b + RL + b f \eta + RL f \eta,$$

$$\frac{RL f_3}{f} - b - RL \geqq b f \eta + RL f \eta - a f_3 \eta,$$

$$\frac{\frac{RL f_3}{f} - b - RL}{b f + RL f - a f_3} \geqq \eta,$$

$$f_1 - f \geqq \frac{b f + RL f - a f_3}{\frac{RL f_3}{f} - b - RL}$$

$$f_1 \geqq \frac{\frac{b\ f + RL\ f - a\ f_3}{RL\ f_3}}{\frac{f}{}} + f \quad 4)$$
$$- b - RL$$

Setze ich a = 4, b = 2, f = 60, f_3 = 240 u. RL = 20, so ist $f_1 \geqq$ 66 mm.

Je grösser a, desto kleiner darf f_1 sein; je kleiner a, desto grösser muss f_1 werden, damit kein Strahl des Pupillarrandes in die Pupille des Untersuchers falle; wäre a = 0, d. h. die Pupille ein Punkt, so könnte sie selbstverständlich nie aus dem Gesichtsfeld verschwinden; aber schon wenn a so klein wird, dass, in die Gleichung 4) die obigen Zahlenwerthe eingesetzt, f_1 grösser als 80 wird, so entsteht, da $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{x}$, vor dem Augenspiegel ein umgekehrtes Bild von a und die überkreuzten Strahlen fallen in die Augenspiegeldurchbohrung, d. h. es existirt alsdann keine Grösse von f_1, in der nicht von der Iris reflectirte Lichtstrahlen in die Spiegeldurchbohrung fallen.

Aus der Construction Fig. IV geht hervor, dass der Abstand der Convexlinse von dem untersuchten Auge grösser als f (Brennweite der Linse) angenommen wurde. Für den Fall, dass dieselbe um weniger als f von der Pupille absteht, kommt ein virtuelles Bild derselben zu Stande.

Fig. V.

Für diesen Fall ist (Fig. V):

I. $\frac{1}{RT} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f}$

$RT = \frac{f f_1}{f - f_1} = f f_1 \eta$ (wenn $\eta = \frac{1}{f - f_1}$ u. $f_1 = f - \frac{1}{\eta}$),

II. $M n = a' \frac{f_3}{RT}$,

III. $a' = a \frac{RT}{f_1}$,

IV. $n N = RL \frac{f_3 + RT}{RT}$.

Grenzbedingung:

$M n - N n \geqq b$.

Bei analoger Rechnung erhält man

$$f_1 \geqq f - \frac{a f_3 - RLf - b f}{\frac{RL f_3}{f} - RL - b} = f + \frac{b f + RL f - a f_3}{\frac{RL f_3}{f} - b - RL}$$

Da wir somit dieselbe Formel erhalten wie sub 4) und da wenn wir dieselben Zahlenwerthe einsetzen f_1 wieder $\geqq$ 66 mm. wird, so folgt daraus, dass für diese Werthe diesseits der Brennweite der Convexlinse keine Entfernung der letzteren von der Pupille besteht, bei der das Irisbild aus dem Gesichtsfeld verschwindet Es ist daher mindestens nicht allgemein richtig, wenn man sagt, das Bild der Iris verschwindet dann, wenn die von ihr ausgehenden Lichtstrahlen nach der Brechung durch die Linse parallel sind. Davon kann man sich übrigens auch bei Zugrundelegen obiger Zahlenwerthe leicht durch geometrische Construction mit Zirkel und Maassstab überzeugen. Indess ist noch ein anderer Factor von der grössten Wichtigkeit für den Werth von f_1 und das Verschwinden des Irisbildes: d. i. RL, die Apertur der Convexlinse.

Setzt man in der Gleichung 4) bei sonst gleichen Zahlenwerthen R L = 15 mm. (Apertur = 30), so wird $f_1 \geqq 61{,}4$, setzt man R L = 10 mm., so wird $f_1 \geqq 51$ mm., d. h. bei der Bestimmung der Entfernung f_1, in der das Irisbild aus dem Gesichtsfeld verschwindet, ist einestheils die Grösse der Pupille, anderentheils die Grösse der Linsen-Apertur von maassgebendem Einfluss. Man kann nicht allgemein einen bestimmten Werth von f_1 aufstellen, sondern derselbe ist abhängig von a und R L und deshalb hat in der Helmholtz'schen Formulirung „das Bild der Iris verschwindet dann aus dem Gesichtsfeld, wenn die Convexlinse ungefähr um ihre Brennweite von der Pupille entfernt gehalten wird" das Wörtchen „ungefähr" seine wohlberechtigte Bedeutung; ja man könnte dazu noch bemerken, dass diese Entfernung, die einen gewissen Spielraum besitzt, mehr jenseits als diesseits der Fokaldistanz gelegen ist.

Uebrigens sei nochmals betont, dass bei dieser Berechnung von der sphärischen Aberration der Convexlinsen abgesehen wurde, sowie auch, dass das Einfallen einiger Irislichtstrahlen in die Pupille des Beobachters nicht absolut mit der Wahrnehmung der Iris zu identificiren ist, zumal wenn diese Lichtstrahlen convergent einfallen, während das Auge des Beobachters für die Nähe accommodirt.

Nachdem wir somit festgestellt haben, unter welchen Bedingungen das Bild der Iris auf die Begrenzung des Gesichtsfelds ohne Einfluss ist, können wir das letztere selbst berechnen, indem wir die Convexlinse in einer Entfernung von ca. 60 mm. von der Pupille des Untersuchten gehalten voraussetzen. Das untersuchte Auge sei emmetropisch; im Uebrigen gelten die schon wiederholt angeführten Annahmen.

Fig. VI.

In Fig. VI. sei 1 die Netzhaut des Untersuchten, y_1 das gesuchte Gesichtsfeld, das durch den Sehwinkel φ bestimmt wird, a die halbe Pupille, 2 die Convexlinse, f_2 deren Abstand von a, 3 die Bildebene, f_3 deren Abstand von der Linse = der Brennweite der Linse, 4 der Augenspiegel, f_4 der Abstand desselben (und des Beobachters) von dem umgekehrten Bild, b der halbe Durchmesser des Augenspiegellochs.

Ein paralleles Strahlenbündel von dem Durchmesser der Pupille trifft bei y'_2 y_2 y''_2 auf die Convexlinse 2, wird in 3 zu einem Bildpunkt vereinigt, um alsdann sich zu überkreuzen in den divergenten Strahlen 1'' und 1'.

Dann ist

I.[1]) $y_2 = f_2 \operatorname{tg} \varphi$,

II. $y'_2 = f_2 \operatorname{tg} \varphi - a$,

III. $y''_2 = f_2 \operatorname{tg} \varphi + a$,

IV. $y_3 = f_3 \operatorname{tg} \varphi$,

[1]) Hier bedeuten y_2 y'_2 u. s. w. den Abstand der betr. Punkte von der Hauptaxe.

V. Die Neigung des Strahles l'' gegen die Hauptaxe

$$\operatorname{tg} \alpha'' = \frac{y_3 - y''_2}{f_3},$$

VI. $y''_4 = y_3 + f_4 \operatorname{tg} \alpha''$.

Grenzbedingung $y''_4 \lessgtr b$, d. h. $b \geqq y''_4$.

Dann ist auch

$$b \geqq y^3 + f_4 \operatorname{tg} \alpha'',$$

$$y^3 + f_4 \frac{y_3 - y''_2}{f_3},$$

$$f_3 \operatorname{tg} \varphi + f_4 \frac{f_3 \operatorname{tg} \varphi - f_2 \operatorname{tg} \varphi - a}{f_3},$$

$$(f_3 + f_4 - \frac{f_2 f_4}{f_3}) \operatorname{tg} \varphi - a \frac{f_4}{f_3},$$

$$b + a \frac{f_4}{f_3} \geqq (f_3 + f_4 - \frac{f_2 f_4}{f_3}) \operatorname{tg} \varphi,$$

$$\operatorname{tg} \varphi \lessgtr \frac{b + a \frac{f_4}{f_3}}{f_3 + f_4 - \frac{f_2 f_4}{f_3}} \quad 5)$$

Aus dieser Gleichung 5) geht zunächst hervor, dass, da b und f_3 constant anzunehmen sind, $\operatorname{tg} \varphi$ abhängig ist von a_1 f_2 und f_4, die variabel sind.

In Bezug auf die Grösse von f_2 sind namentlich zwei Specialfälle hervorzuheben.

Da wir bei dem untersuchten Auge Emmetropie vorausgesetzt haben, so wird es auf den Gang der Lichtstrahlen ohne Einfluss sein, wie gross wir f_2, die Entfernung der Convexlinse von der Pupille, wählen; desgleichen gestattet ja auch die Rücksicht auf das Irisbild einen gewissen Spielraum für die Grösse f_2; nur müsste allerdings, wie unmittelbar aus der Fig. VI. hervorgeht, die Apertur der Convexlinse mit der Zunahme von f_2 wachsen. Nun wird offenbar nach Gleichung 5) $\operatorname{tg} \varphi$ beim Wachsen von f_2 zunehmen, ja bei einer gewissen Grösse von f_2 wird der Nenner der Gleichung $= 0$, $\operatorname{tg} \varphi$ mithin $= \infty$ werden, d. h. die Gleichung wird für einen solchen Werth von

f_2 unbrauchbar: $t\,g\,\varphi$ braucht dann nicht mehr abzuhängen von den Factoren der Gleichung, sondern nur noch von der Apertur der Convexlinse, die nach 5) II ebenfalls $= \infty$ werden müsste.

Setze ich den Nenner der Gleichung 5)

$$f_3 + f_4 - \frac{f_2\, f_4}{f_3} = 0,$$

so ist

$$f_2 = (f_3 + f_4)\,\frac{f_3}{f_4}.$$

Nun ist aber ferner

$$\frac{1}{(f_3 + f_4)\,\frac{f^3}{f_4}} + \frac{1}{f_3 + f_4} = \frac{1}{f_3}, \text{ d. h.}$$

die Entfernungen der Convexlinse $\left(\frac{1}{f} = \frac{1}{f_3}\right)$ einerseits von der Pupille des Untersuchten $= (f_3 + f_4)\,\frac{f_3}{f_4}$, andererseits von der Pupille des Untersuchten $= f_3 + f_4$ sind conjugirte Brennweiten; es werden also Strahlen, die von der Pupille des Untersuchten ausgehen, nach der Brechung durch die Convexlinse in der Ebene des Augenspiegels vereinigt.

Nun wird auch sofort klar, warum die Gleichung 5) für den genannten Werth von f_2 unbrauchbar und $t\,g\,\varphi$ unabhängig von der Weite der Pupille (a) wird. Der Strahl l'' (Fig. VI), der vor der Brechung einen Punkt x des unteren Pupillarrandes des untersuchten Auges passirte, wird nach der Brechung durch den Bildpunkt x' gehen; dieser Bildpunkt, der nach der Voraussetzung in der Ebene des Augenspiegels gelegen, befindet sich aber offenbar oberhalb des Augenspiegellochs; es wird also der Strahl l'' gar nicht zur Wahrnehmung gelangen.

Von dem Strahlenbündel $y'_2\ y_2\ y''_2$ werden eben nur der Hauptstrahl, sowie die nächsten Nachbarstrahlen nach der Brechung durch die Convexlinse in die Augenspiegel-

durchbohrung einfallen und daraus folgt unmittelbar, dass die Grösse von a, d. h. die Weite der Pupille bei dem fraglichen Werth von $f_2 = (f_3 + f_4) \frac{f_3}{f_4}$ für das Gesichtsfeld unmaassgebend wird, indem doch nur derjenige centrale Theil der Pupille, der das Bild des Augenspiegellochs ist, für das Gesichtsfeld in Frage kommt.

Wie man sieht, führt diese Betrachtung der Gleichung 5) direct auf die Helmholtz'sche Formulirung des Gesichtsfelds im umgekehrten Bild. Helmholtz bezeichnet dasselbe als unabhängig von der Pupille und nur abhängig von der Apertur der Linse, weil die Visirstrahlen des Beobachters nach ihrer Brechung durch die Linse in der Nähe des Knotenpunkts, oder vielleicht auch je nach der Stellung der Linse, genau in demselben ihre Vereinigung fänden.

Es ergeben sich also für die richtige Haltung der Convexlinse bei der Untersuchung im reellen Bild zwei Gesichtspunkte: einmal die Rücksicht auf das Irisbild, das aus dem Gesichtsfeld verschwinden soll, und zweitens die Bedingung, dass das von der Convexlinse entworfene Bild der Pupille des Beobachters in den Knotenpunkt des beobachteten Auges falle. Theoretisch, d. h. bei unserer Annahme, dass Pupillar- und Knotenpunktsebene in dem untersuchten Auge zusammenfallen, sind beide Bedingungen erfüllt, wenn man $f_2 = (f_3 + f_4) \frac{f_3}{f_4}$ setzt. In praxi, wo diesen Bedingungen nur annähernd gleichzeitig genügt werden kann, lässt sich zum Wenigsten die Regel abstrahiren, die Convexlinse so weit als möglich von dem untersuchten Auge zu halten, d. h bis dahin, wo das umgekehrte Irisbild auftaucht. Wenn man dies thut, wird in der That der Einfluss der Pupillenweite auf die Grösse des Gesichtsfeldes sehr unmerklich: wie man sich bei der Untersuchung vor und nach Atropinisirung eines Auges überzeugen kann. Im Allgemeinen jedoch wird man, da ja doch meistens

die Beobachtung aller dieser Entfernungen in praxi nicht möglich, in der Mehrzahl der Fälle bei einiger Aufmerksamkeit eine Erweiterung des Gesichtsfelds bei dilatirter Pupille nicht vermissen, das Gesichtsfeld erscheint auch im umgekehrten Bild bei weiter Pupille etwas grösser als bei enger und diese Erfahrung der Praxis rechtfertigt es, die Gleichung 5), in der dieser Einfluss der Pupille hervortritt, beizubehalten.

Befolgt man den Rath, den die meisten Lehrbücher der Ophthalmoskopie geben, und hält die Convexlinse um ihre Brennweite von der Pupille des Untersuchten entfernt, so wird $f_2 = f_3$ und Gleichung 5) wird zu

$$tg\varphi \lessgtr \frac{b}{f_3} + a\,\frac{f_4}{f_3^2} \quad 6).$$

Diese Gleichung zeigt in ihrer einfacheren Form einestheils den Einfluss von a und f_4, andererseits auch den der Stärke der verwandten Convexlinse auf das Deutlichste. Man erkennt, dass je mehr sich der Beobachter dem reellen Bild nähert, um so kleiner sein Gesichtsfeld wird. Gebraucht man zur Untersuchung stärkere Convexlinsen, wird also f_3 kleiner, so wird das Gesichtsfeld grösser, während in demselben Maasse nach 5) IV die Vergrösserung abnimmt. Denselben Einfluss wie die Abnahme von $f = f_3$ hat übrigens die Zunahme der Refraction des untersuchten Auges, die ja ebenfalls f_3 verkleinert (während f_2 dieselbe Grösse behält). Somit lässt sich aus Gleichung 5), wenn ich f_3 sich allein verändern lasse, auch der Einfluss der Refraction auf das Gesichtsfeld mittelbar herleiten und zeigen, dass das Gesichtsfeld bei M. grösser, bei H. kleiner wird.

Noch ein Punkt wäre bei Gleichung 5) zu erwähnen Es ist in der Rechnung im Allgemeinen vorausgesetzt, dass die Apertur der verwandten Convexlinse eine unbestimmte Grösse habe. Nun folgt aus 5) III, dass zu einer jeden Grösse des Gesichtsfelds eine von letzterem abhängige Grösse der Linsen-Apertur erforderlich ist.

Setzen wir z. B. in Gleichung 6) $tg\varphi = \frac{b}{f_3} + a\frac{f_4}{f_3^2}$ $b = 2$, $a = 4$, $f_3 = 60$, $f_4 = 180$, so wird $tg\varphi = \frac{1}{4{,}3}$, die Apertur = 35 mm.

Ist die Apertur der Convexlinse grösser als dies Minimum, so hat das natürlich keinen Einfluss auf das Gesichtsfeld; ist sie indess kleiner, so wird auch das Gesichtsfeld kleiner, indem die peripherste Zone des nach der Gleichung möglichen Gesichtsfelds wegfällt. Ich kann dann (Fig. VI) das Strahlenbündel y'_2 y_2 y''_2 so gedreht denken, dass es mit der Hauptaxe des ganzen optischen Systems einen kleineren Winkel bildet; es würde demselben dann ein Netzhautpunkt entsprechen, der mehr nach dem Centrum des Gesichtsfelds gelegen und von dem also nach Gleichung 6) a priori klar, dass er zur Wahrnehmung gelangt: $tg\varphi$ wird dann $= \frac{L - a}{f_2}$ (wobei $L = \frac{1}{2}$ Apertur). Setze ich z. B. in dem obigen Fall die Apertur = 28 (anstatt 35), so wird $tg\varphi = \frac{1}{6}$ (anstatt $\frac{1}{4{,}3}$). In Anbetracht dessen übrigens, dass die Apertur der Convexlinse hauptsächlich dann dem erforderlichen Minimum nicht genügen wird, wenn sich f_2 dem Werthe $(f_3 + f_4)\frac{f_3}{f_4}$ nähert und dass dann zugleich die Weite der Pupille ihren Einfluss auf das Gesichtsfeld verliert, kann man auch einfach den Knotenpunkt des untersuchten Auges mit den Grenzen der Linsen-Apertur verbinden und $tg\varphi = \frac{L}{(f_3 + f_4)\frac{f_3}{f_4}}$ setzen: man gelangt so wieder zu der Helmholtz'schen Construction des Gesichtsfelds.

Was schliesslich die Beleuchtung im umgekehrten Bild anbetrifft, so weiss jeder praktische Ophthalmoskopiker, dass bei Verwendung eines Concavspiegels und Einhalten

der üblichen Entfernungen von Lichtquelle und Convexlinse, der beleuchtete Netzhautbezirk durch das mehr oder minder undeutliche Bild der Flamme repräsentirt wird und dass mithin im Allgemeinen die Ausdehnung desselben von rechts nach links im Verhältniss zum Gesichtsfeld zu klein ist. Auch hier kann man das beleuchtete Feld durch optische Mittel vergrössern z. B. durch Anwendung eines Planspiegels oder geeignete Annäherung der Lichtquelle an den Concavspiegel, aber nur auf Kosten der Helligkeit und wenn letztere auch für günstige Fälle (helle Kinderaugen mit dilatirter Pupille) noch genügen wird, so begiebt man sich doch unleugbar selbst in diesen Fällen eines Hauptvortheils des umgekehrten Bildes, während für weniger günstige Fälle jene Beleuchtung überhaupt nicht genügen wird. Es lässt sich das leicht durch den Versuch constatiren.

So kommt man auch für das umgekehrte Bild zu dem Schluss, dass das beste Mittel das beleuchtete Terrain zu verbreitern in der Verbreiterung der Lichtquelle besteht. Es wäre immerhin eine Annehmlichkeit mit so breiter Flamme zu untersuchen, dass äusserer Rand der Papille und Macula lutea in einem Gesichtsfeld vereinigt wären.

Strassburg i. E., den 1. November 1880.

Thesen.

1. Kopfwunden sind durch die blutige Naht zu vereinigen.
2. Jedes Erysipelas ist als ein Wund-Erysipelas aufzufassen.
3. Die Ursache der Entstehung und des Wachsthums der progressiven Myopie ist in der Convergenz-Ueberanstrengung der Schuljahre zu suchen.

Curriculum vitae.

Geboren den 27. Januar 1849 zu Hersfeld, Prov. Hessen-Nassau, ev. Confession, Sohn des Sanitätsraths Dr. Ulrich, besuchte ich die Bürgerschule und das Gymnasium meiner Vaterstadt bis zum Herbst 1866, studirte nach bestandener Maturitätsprüfung zu Marburg und Würzburg Medicin, absolvirte 1868 das Tentamen physic., 1870 das Examen rigoros. und ward den 29. Juli 1870 zum Doctor med. promovirt. An dem Feldzug 1870/71 nahm ich als Unterarzt der 4 Reserve-Division Theil, fungirte 1871/72 als Assistenzarzt am Landkrankenhaus zu Fulda, ging 1872 nach Strassburg i. E. und bestand im Winter 1872/73 die ärztliche Prüfung, worauf ich die Approbation als Arzt unter dem 27. März 1873 erhielt. Ich widmete mich darauf speciell dem Studium der Ophthalmologie, 1873 zu Leipzig, 1874—76 zu Strassburg, indem ich zugleich $1^1/_4$ Jahr lang die Stelle eines Assistenzarzt beim 25. Inf.-Regiment bekleidete, und practicirte 1877—79 zu Landsberg a/W. Seit October 1879 bekleide ich die Stelle als I. Assistenzarzt der Universitäts-Augenklinik zu Strassburg i. E.

Fig. I.

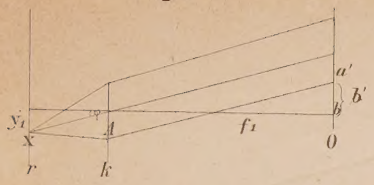

Fig. II.

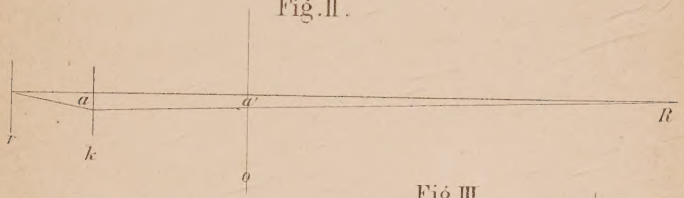

Fig. III.

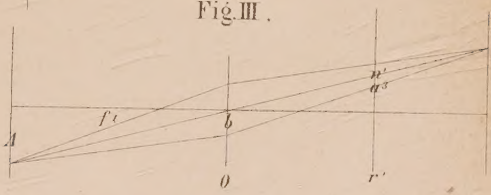

Fig. IV.

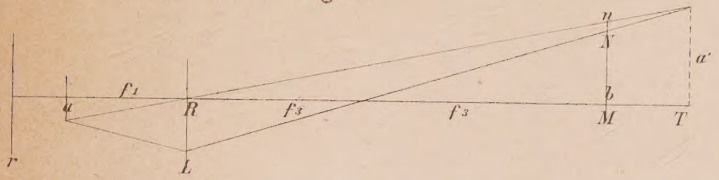

Fig. V.

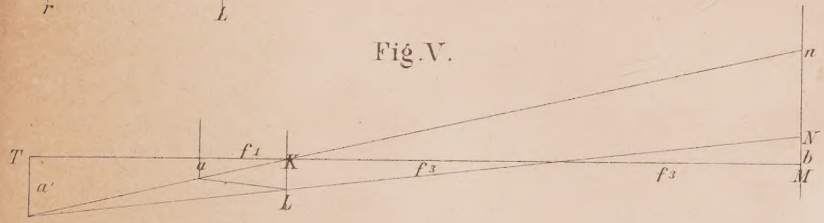

Fig. VI.